

BAB II

FENOMENA ALIRAN PADA KENDARAAN

1. ALIRAN PADA KENDARAAN

Secara umum fenomena aliran pada kendaraan dapat dikategorikan dalam 2 group yaitu aliran external dan aliran internal.

Aliran external yaitu aliran udara di sekitar kendaraan dan aliran udara yang masuk ke dalam bagian kendaraan misalkan aliran pada bagian pendinginan.

Aliran internal merupakan proses aliran didalam permesinan misalkan proses aliran fluida didalam mesin dan sistem transmisi kendaraan.

Pola aliran udara disekitar bodi kendaraan inilah yang akan menyebabkan terjadinya gaya dan momen aerodinamis pada kendaraan yang nantinya juga akan berpengaruh terhadap gaya hambat (drag) dari kendaraan.

2. POLA ALIRAN DISEKITAR KENDARAAN

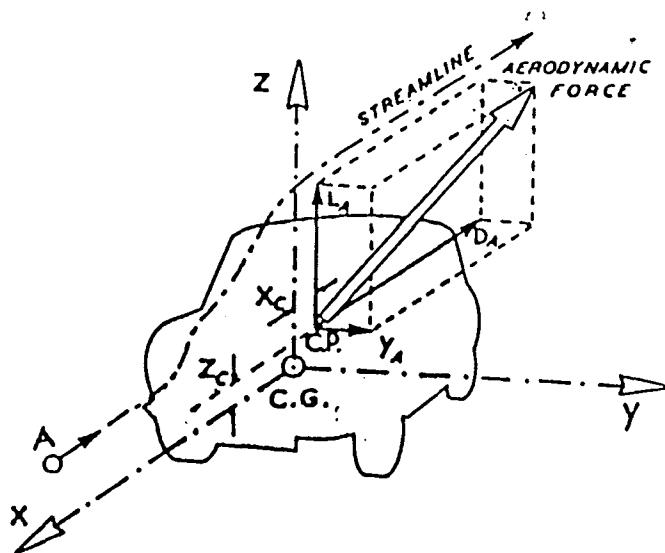
Kendaraan bermotor yang sedang berjalan mempunyai dua bidang kontak yaitu terhadap udara dan terhadap jalan/tanah.

kendaraan yang sedang berjalan akan bergerak relatif terhadap jalan/tanah. Apabila udara diam yaitu pada keadaan tidak ada angin maka kendaraan akan memiliki kecepatan relatif yang sama terhadap jalan dan juga

terhadap udara. Sedangkan jika ada gerakan udara relatif terhadap tanah yaitu ada angin yang berhembus, maka kendaraan akan memiliki perbedaan kecepatan relatif terhadap tanah dan terhadap udara.

Didalam pendekatan terhadap aerodinamika kendaraan, diasumsikan tidak ada angin yang berhembus (atmosfir sebagai kesatuan dengan tanah) dan kecepatan kendaraan dapat dianggap konstan.

Pada dasarnya semua fenomena aerodinamis yang terjadi pada kendaraan disebabkan adanya gerakan relatif dari udara di sepanjang bentuk body kendaraan. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



gambar 2-1 Pola aliran disekitar kendaraan

Dimisalkan suatu partikel udara melalui titik A seperti yang terlihat pada gambar. Pada suatu waktu, partikel tersebut akan bergerak relatif terhadap sumbu

XYZ yang terletak pada kendaraan yang sedang bergerak dan mengikuti alur lintasan tertentu yang dinamakan dengan streamline. Jika pada waktu itu tidak ada angin yang berhembus dan diasumsikan kecepatan mobil konstan, maka partikel udara berikutnya juga akan melewati titik A tersebut dan mengikuti alur lintasan yang sama. Hal ini juga berlaku untuk semua partikel udara lainnya yang melewati titik A tersebut.

Dengan demikian dapat didefinisikan bahwa streamline adalah garis-garis yang dibuat sedemikian rupa didalam medan kecepatan, sehingga setiap saat garis-garis tersebut akan searah dengan arah aliran disetiap titik didalam medan aliran tersebut. Dengan demikian streamline-streamline itu akan membentuk pola aliran udara disekeliling bodi kendaraan. Pola aliran udara ini tergantung pada bentuk dan kecepatan kendaraan.

Streamline pada tempat yang jauh dari kendaraan akan sejajar dan tidak terganggu. Sedangkan streamline disekitar kendaraan akan mempunyai pola aliran yang sangat kompleks dikarenakan bentuk kendaraan itu sendiri yang kompleks sehingga di sekeliling kendaraan akan terdapat daerah gangguan aliran udara.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa gerakan dari partikel yang terletak jauh dari kendaraan, akan memiliki kecepatan relatif yang sama dengan kecepatan kendaraan. Sedangkan pada daerah gangguan disekeliling kendaraan, maka kecepatan relatif dari partikel sangat bervariasi, lebih besar atau lebih kecil dari kecepatan

aktual kendaraan.

2.1 Pola aliran di permukaan kendaraan

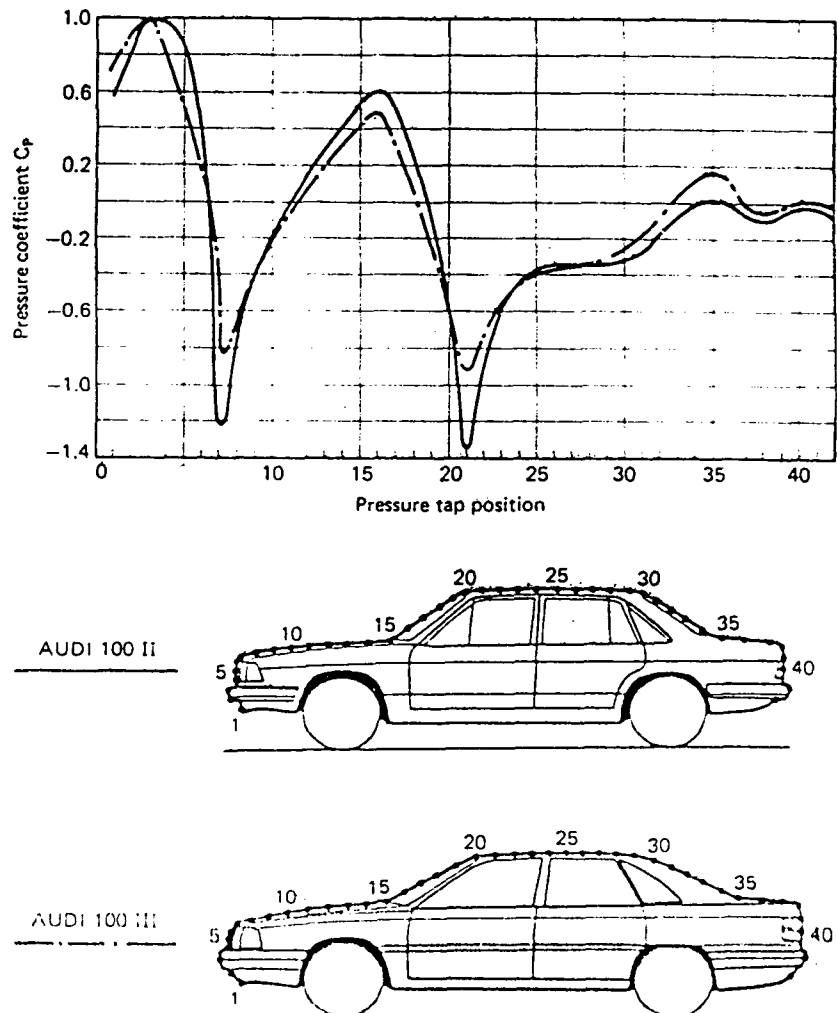
Karena adanya efek viskositas dari udara maka akan menyebabkan timbulnya boundary layer disepanjang permukaan kendaraan sehingga timbul gradient kecepatan pada permukaan kendaraan. Adanya gradient kecepatan menyebabkan kecepatan aliran udara pada permukaan kendaraan sangat bervariasi tergantung dari bentuk dan jenis kendaraan tersebut. Dengan adanya gradient kecepatan maka akan timbul distribusi tekanan disepanjang permukaan kendaraan.

Gambar 2-2 menyatakan grafik distribusi tekanan yang diperoleh dari hasil pengujian pada 2 mobil yang sama dengan nilai C_d yang berbeda. Distribusi tekanan yang diukur terdapat pada daerah gangguan aliran udara dipermukaan kendaraan. Tekanan yang terjadi diwakili oleh nilai koefisien tekanan $C_p = 1 - (v/v_\infty)^2$.

Distribusi tekanan pada mobil Audi 100 III yang telah mengalami perbaikan dibandingkan dengan kondisi sebelum perbaikan, dimana perbedaannya terletak pada bentuk yang lebih streamline dengan faktor kelengkungan dan faktor kemiringan yang lebih baik.

Dari grafik terlihat bahwa pada bagian depan moncong kendaraan merupakan daerah tekanan positif. Hal ini disebabkan adanya efek tabrakan aliran udara pada bagian depan sehingga laju aliran lebih lambat dan mengakibatkan

kan daerah tekanan tinggi. Pada posisi stagnasi (nilai $C_p = 1$) yang merupakan daerah tekanan tertinggi energi kinetis aliran udara diubah menjadi energi potensial, kecepatan aliran nol dan tekanannya tinggi.



gambar 2-2 Grafik distribusi tekanan

Dari posisi titik stagnasi aliran udara akan mengalir kembali sehingga akan terjadi penurunan tekanan tetapi masih dalam range C_p positif yang berarti bahwa tekanan didaerah sekitar mobil tersebut masih lebih besar dibandingkan dengan tekanan aliran bebas. Kecepa-

tan Aliran udara makin bertambah cepat dan akhirnya kecepatan aliran udara lokal lebih besar dibandingkan dengan aliran udara bebas sehingga tekanan yang terjadi pada daerah tersebut lebih kecil dari tekanan aliran bebas (atmosfir), dan masuk pada daerah Cp negatif.

Pada kondisi selanjutnya kecepatan aliran udara akan berkurang karena adanya hambatan yang disebabkan profil lekukan pada ujung kap mesin sehingga akan mengalami kenaikan tekanan. Tekanan akan bertambah terus disebabkan adanya sudut antara bonnet dan windscreen sehingga akan menyebabkan perlambatan aliran, akibatnya tekanan semakin besar dan terjadi separasi aliran dan akhirnya menuju daerah tekanan positif. Tekanan akan semakin bertambah sampai titik penyatuan kembali (reattachment line).

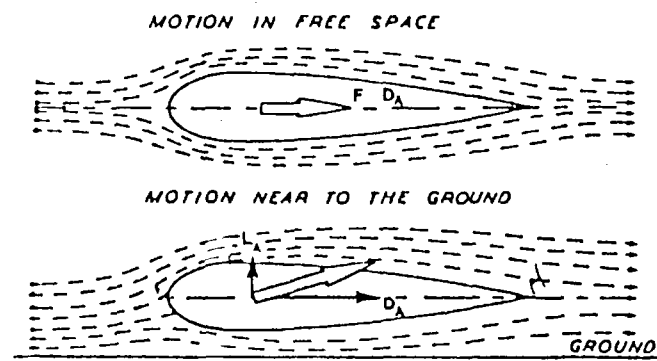
Selanjutnya aliran udara akan mengalir kembali dan bertambah cepat sehingga akan menurunkan tekanan dan menuju daerah tekanan negatif. Selanjutnya kecepatan aliran udara akan berkurang yang disebabkan profil lekukan ujung atap depan kendaraan sehingga menyebabkan pertambahan tekanan tetapi masih didalam range tekanan negatif. Pada daerah belakang mobil terjadi separasi aliran karena aliran udara lepas dari bodi kendaraan sehingga akan terjadi daerah bertekanan rendah.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa efek separasi yang terjadi pada bagian permukaan atas kendaraan akan menaikkan tekanan pada kendaraan tersebut sehingga

drag yang ditimbulkan akan lebih besar.

2.2 Pola aliran dibawah kendaraan

Aliran udara disekitar suatu profil yang bergerak pada atmosfer bebas berbeda dengan suatu profil yang sama yang bergerak dekat dengan tanah.



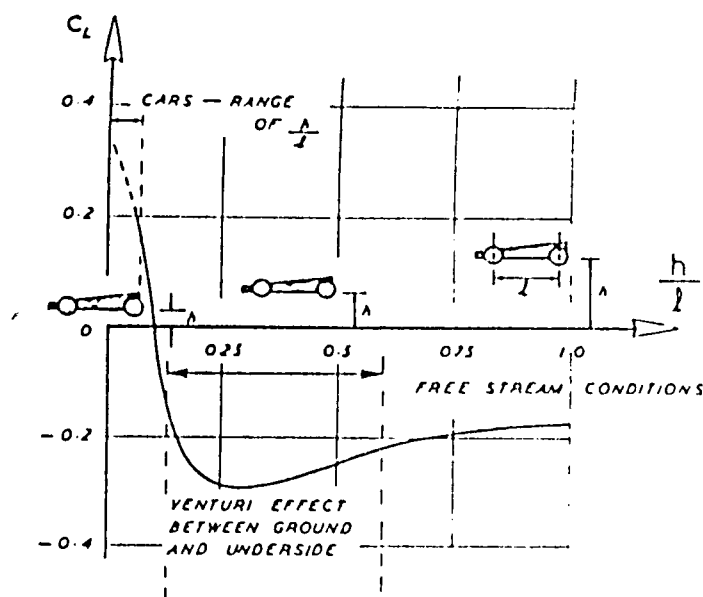
gambar 2-3 Ketidaksimetrisan pola aliran udara

Diambil contoh suatu aerofoil yang bergerak pada atmosfer bebas akan mempunyai pola aliran udara yang simetri sehingga mempunyai distribusi tekanan yang simetri antara bagian atas dan bawah aerofoil dan akibatnya tidak timbul gaya lift. Pada aerofoil yang bergerak dekat dengan tanah akan menimbulkan pola aliran yang tidak simetri dengan sumbu aerofoil sehingga akan menimbulkan gaya aerodinamis. Gaya aerodinamis bekerja miring terhadap sumbu kendaraan dan dapat diwakili oleh gaya drag dan gaya lift. Sehingga dapat disimpulkan bahwa secara umum tekanan yang dihasilkan pada bagian bawah kendaraan lebih besar dibandingkan permukaan atas

kendaraan.

Pada kendaraan yang bergerak dekat dengan tanah, permukaan atas mobil memiliki kelengkungan lebih besar daripada permukaan bawah, sebagai akibatnya jarak yang ditempuh aliran udara pada permukaan atas lebih panjang dibandingkan permukaan bawah pada periode waktu yang sama. Hal ini menyebabkan aliran udara pada permukaan atas harus mengalir lebih cepat daripada permukaan bawah sehingga tekanan permukaan atas lebih rendah dibandingkan permukaan bawah.

Menurut hukum kontinuitas, semakin dekat suatu profil bergerak diatas tanah kecepatan aliran udara diantara profil dan tanah akan semakin tinggi karena adanya pengecilan luasan, sehingga tekanan yang dihasilkan akan semakin mengecil.



gambar 2-4 bagian bawah kendaraan

Tetapi pada kondisi real, dimana aliran udara memiliki viskositas maka pada jarak ground clearance yang sangat kecil akan terbentuk boundary layer pada bagian bawah mobil dan boundary layer pada tanah. Boundary layer tersebut akan mengadakan interaksi satu sama lain sehingga akan memperlambat kecepatan aliran dan akibatnya tekanan yang dihasilkan semakin membesar.

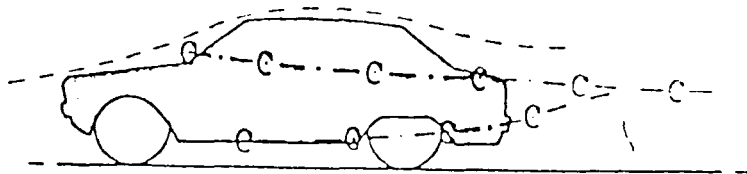
Pada kendaraan, kecepatan aliran udara pada bagian bawah juga dipengaruhi oleh profil mesin bagian bawah dan kekasaran permukaan. Adanya berbagai tonjolan profil mesin pada bagian bawah akan menyebabkan separasi aliran sehingga kecepatan aliran rendah dan tekanan semakin besar.

2.3 Pola aliran disamping kendaraan

Kecepatan aliran udara disepanjang bagian samping kendaraan rata-rata lebih cepat dibandingkan bagian bawah kendaraan. Hal ini akan menyebabkan adanya gerakan aliran udara dari bagian bawah kendaraan menuju bagian samping kendaraan dan pada kecepatan tinggi akan membentuk gerakan rotasi berbentuk pusaran. Gerakan rotasi udara ini dinamakan vortex.

Adanya separasi aliran pada sudut antara bonnet dan windscreen akan menimbulkan separation bubble yang terus mengalir sepanjang bagian samping kendaraan.

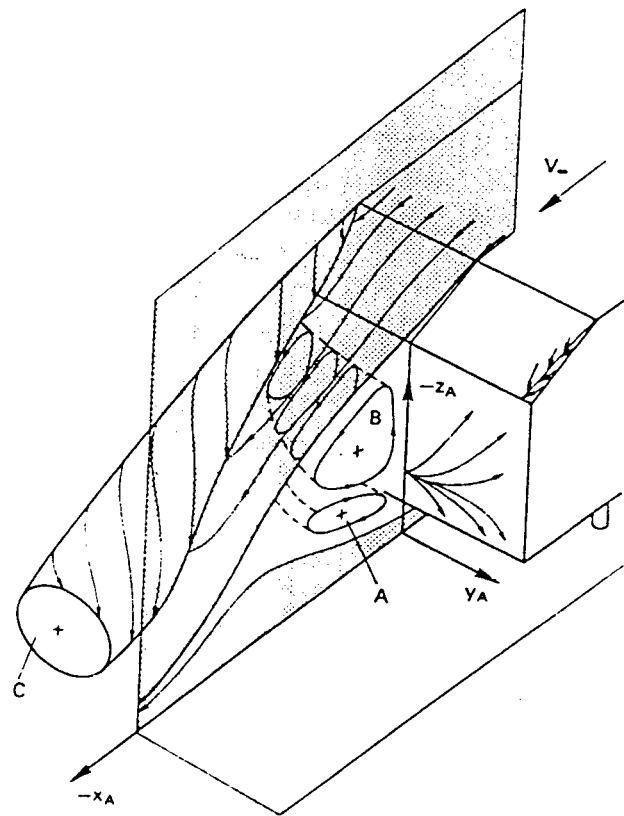
Vortex ini terjadi di sepanjang bodi mobil (attached vortex) dan dibagian belakang mobil (trailing vortex).



gambar 2-5 Attached vortex

Adanya perbedaan tekanan pada bagian pilar belakang yaitu antara bagian samping kendaraan dengan kemiringan kaca belakang akan menimbulkan vortex ketiga.

Dengan demikian pada bagian belakang kendaraan akan terjadi suatu pola aliran udara yang sangat kompleks dimana terjadi penyatuan attached vortex dan vortex pillar sehingga dibelakang kendaraan akan terbentuk aliran turbulen. Formasi trailing vortex pada bagian belakang kendaraan dapat dilihat pada gambar 2.6.



gambar 2-6 Trailing vortex

3. PERSAMAAN BERNOULLI

Dari hukum Newton II dapat diturunkan rumus aerodinamika. Persamaan ini diperoleh dengan mengasumsikan:

- Aliran steady flow
- Aliran tanpa gesekan
- Incompressible flow
- Aliran sepanjang streamline

Jika tekanan atmosfer dinotasikan dengan P , kecepatan aliran V dan massa jenis fluida ρ maka didapatkan persamaan bernoulli sebagai berikut :

$$\frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz = \text{konstan} \quad (2.1)$$

Bila ketinggian dianggap pada permukaan tanah ($z=0$) :

$$P + \frac{\rho \cdot V^2}{2} = H \quad (2.2)$$

Dimana $(\rho V^2/2)$ menyatakan tekanan dinamis, P adalah tekanan statis (atmosfir) dan H adalah tekanan total yang bernilai konstan. Harga dari konstanta H dapat diperoleh dari kondisi aliran udara yang jauh diatas bodi kendaraan.

Rumusan ini menyatakan bahwa jumlah dari tekanan atmosfer (lingkungan) dan tekanan dinamis selalu konstan pada setiap titik pada streamline yang sama.

Persamaan Bernoulli menunjukkan hubungan antara tekanan atmosfer P dengan kecepatan aliran fluida sepan-

jang streamline. Bila terjadi variasi kecepatan aliran udara lokal yang berarti juga terjadi variasi pada tekanan dinamis, maka nilai dari tekanan atmosfer lokal juga harus bervariasi agar diperoleh nilai H yang konstan.

Apabila kecepatan aliran udara lokal lebih kecil daripada kecepatan aliran udara yang tidak terganggu, harga dari tekanan dinamis juga lebih kecil. Dan sebagai akibatnya, harga dari tekanan atmosfer lokal lebih tinggi dari aliran yang tidak terganggu dan begitu juga sebaliknya.

Hubungan ini menunjukkan bahwa pola aliran udara yang terjadi disekeliling kendaraan menghasilkan distribusi tekanan spesifik di sepanjang permukaan kendaraan. Integrasi dari tekanan spesifik menghasilkan gaya resultan pada mobil yang disebut gaya aerodinamis. Gaya ini bekerja pada suatu titik spesifik yang disebut sebagai center of pressure/pusat tekanan.

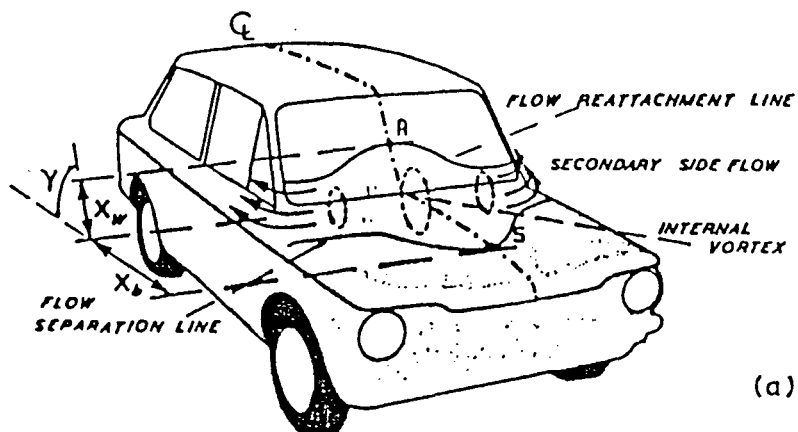
4. SEPARASI ALIRAN

Aliran udara yang mengenai kendaraan yang sedang bergerak dengan kecepatan tertentu akan mengalami separasi aliran pada beberapa bagian tertentu dari kendaraan tersebut. Daerah separasi pada kendaraan yang perlu diperhatikan terjadi pada ujung kap mesin, daerah bonnet dan windscreen, pillar dan daerah dibelakang kendaraan (daerah vortex dan wake).

Separasi aliran yang terjadi pada ujung kap mesin disebabkan oleh moncong depan kendaraan yang terlalu tajam, begitu juga pada daerah bonnet dan windscreen kendaraan. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 2-7 dan 2-8 dibawah ini.

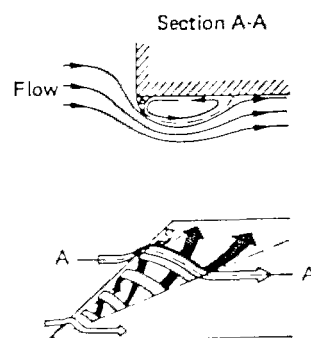
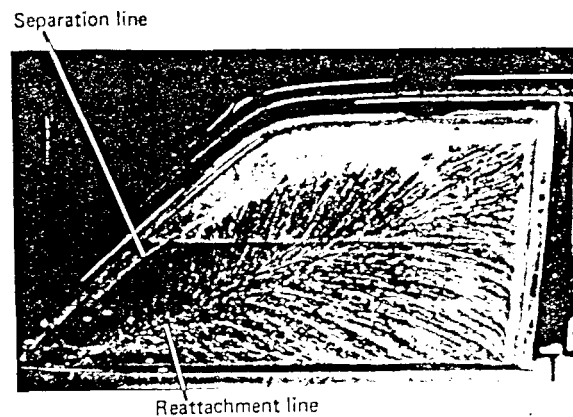


gambar 2-7 Separasi pada ujung kap mesin



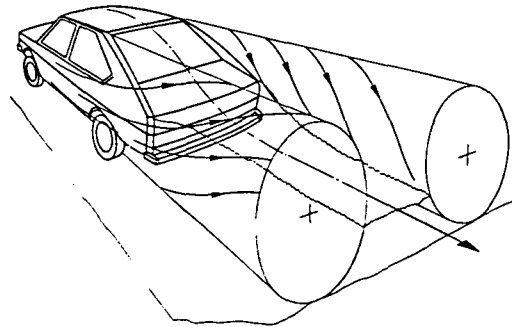
gambar 2-8 Separasi pada bonnet dan windscreen

Separasi pada pilar disebabkan oleh kurangnya lekukan pada radius pilar yang terletak antara kaca depan dan kaca samping. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 2-9 dibawah ini.



gambar 2-9 Separasi pada pilar depan kendaraan

Vortex disebabkan oleh adanya perbedaan tekanan antara bagian atas dan bagian bawah dari kendaraan. Dengan adanya gradien tekanan ini menyebabkan adanya aliran dari permukaan bawah ke permukaan atas yang berupa pusaran, seperti terlihat pada gambar.



gambar 2-10 Vortex dibelakang kendaraan fastback

Daerah wake terbentuk pada bagian belakang kendaraan yang merupakan daerah bertekanan sangat rendah. Hal ini disebabkan aliran udara yang mengalir disepanjang bodi kendaraan akan lepas dari bodi pada bagian ujung belakang kendaraan.



gambar 2-11 Wake dibelakang kendaraan